



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 197 53 789 A 1**

⑳ Aktenzeichen: 197 53 789.8
㉑ Anmeldetag: 4. 12. 97
㉒ Offenlegungstag: 17. 6. 99

㉓ Int. Cl.⁶:
C 12 P 7/62
C 12 P 19/00
C 12 P 17/04
C 07 H 13/04
C 07 H 15/04
C 07 D 307/62
C 07 C 69/732
C 07 C 69/612
C 07 C 69/614

DE 197 53 789 A 1

㉔ Anmelder:
Henkel KGaA, 40589 Düsseldorf, DE

㉕ Erfinder:
Otto, Ralf, 74177 Bad Friedrichshall, DE; Sylatk,
Christoph, Dr., 70565 Stuttgart, DE; Cao, Linqiu,
Delft, NL; Bornscheuer, Uwe, Dr., 70569 Stuttgart,
DE; Schmid, Rolf D., Dr., 70329 Stuttgart, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ㉖ Verfahren zur selektiven Veresterung von Polyolen
- ㉗ Bei der Herstellung an der primären OH-Gruppe veresterter Polyole aus entsprechenden Polyolen und Carbonsäuren, die einen aromatischen Ring enthalten, sollte unter Verzicht auf Einführung und Abspaltung von Schutzgruppen die Selektivität und Ausbeute verbessert werden. Dies gelang im wesentlichen dadurch, daß man das Polyol mit der den aromatischen Ring enthaltenden Carbonsäure gegebenenfalls in Gegenwart einer geringen Menge eines organischen Lösungsmittels, die weder das Polyol noch die Carbonsäure vollständig löst, unter Katalyse einer Hydrolase, insbesondere einer Lipase oder Esterase, miteinander umsetzte.

DE 197 53 789 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur enzymatisch katalysierten Herstellung von Carbonsäureestern mehrwertiger Alkohole.

5 Auf chemischem Weg hergestellte oberflächenaktive Substanzen sind in der Regel aus Alkyl- oder Arylgruppen aufgebaut, die bei ionischen Tensiden als die Wasserlöslichkeit verstärkende Anteile Carboxylat-, Sulfonat-, Phosphat- oder Ammoniumgruppen und bei den nichtionischen Verbindungen Alkohol- oder Polyethergruppen oder Zuckerreste enthalten. Von Vorteil ist bei derartigen Tensiden ihre über viele Jahrzehnte in großtechnischem Maßstab optimierte relativ einfache und preiswerte Herstellung. Ein Nachteil ist die relativ geringe Varianz bei den funktionellen Gruppen im lipophilen Molekülanteil. Als nachteilig wird auch oft empfunden, daß ein Großteil immer noch auf Erdöl als Rohstoffbasis angewiesen ist. Derartige Tenside werden in Lebensmitteln und in Pharmaprodukten daher nur in geringem Umfang eingesetzt. In Wasch- und Reinigungsmitteln sowie in Kosmetika basiert heute mindestens die Hälfte der verwendeten Tenside auf natürlichen Ölen und Fetten. Sogenannte Biotenside zeigen im Gegensatz zu den sogenannten chemischen Tensiden eine große Strukturvielfalt nicht nur im hydrophilen sondern auch im lipophilen Molekülanteil (S. Lang und F. Wagner in: *Biosurfactants and Biotechnology*, Ed.: N. Kosaric, W. L. Cairns und N. C. C. Gray, Verlag Marcel Dekker, New York, 1987, 25, 21–46). Meist handelt es sich um mikrobielle Sekundärmetabolite, die von Produzentenstämmen bevorzugt bei Wachstum auf lipophilen Substraten wie n-Alkanen oder Triglyceriden gebildet werden. Neben guter Umweltverträglichkeit zeigen diese Verbindungen oft auch interessante biologische Effekte wie zum Beispiel Membranaktivität oder Antibiotikawirkung, die sie für die industrielle Anwendung im Pharma-, Kosmetik- und Lebensmittelbereich zunehmend interessant erscheinen lassen. Hier werden bisher fast ausschließlich pflanzliche oder tierische Biotenside verwendet (v. Klekner und N. Kosaric in: *Biosurfactants: Production-Properties-Applications*, Ed.: N. Kosaric, Verlag Marcel Dekker, New York, 1993, 48, 373–390), die nach aufwendigen Verfahren hergestellt werden. Hier besteht Bedarf nach einfacheren Methoden der Herstellung, welche derartige Substanzen in hoher Ausbeute und Reinheit zur Verfügung stellen.

Die Herstellung von Zuckerestern aliphatischer Carbonsäuren mit Hilfe üblicher Methoden der chemischen Synthese ist bekannt (J.C. Colbert, *Sugar Esters – Preparation and Application*, Noyes Data Corporation, New Jersey 1974). Die chemische Darstellung von Estern aus ungeschützten Zuckern, das heißt Verbindungen mit mehreren frei vorliegenden Alkoholfunktionen, und Carbonsäuren führt in aller Regel zu unspezifischen Gemischen aus ein- und mehrfach acylierten Zuckern, so daß die Einführung und Entfernung von Schutzgruppen notwendig ist, wenn man gezielt ein bestimmtes Produkt synthetisieren will. Durch den Einsatz aktivierter Carbonsäurederivate wie Säurechloriden oder Säureanhydriden entstehen zwangsläufig Beiprodukte und häufig auch unerwünschte Nebenprodukte, welche die Umwelt belasten, die Aufarbeitung erschweren und die Ausbeuten an gewünschtem Produkt vermindern. Auch die Herstellung von Zuckerestern aromatischer Carbonsäuren mit Hilfe derartiger üblicher Methoden der chemischen Synthese ist bekannt (A.F. Artamonov, L. F. Burkovskaya und G. V. Nikonov, *Khim. Pri. Soedin* 1994, 4, 561–562), wobei die vorstehend genannten Nachteile in gleicher Weise zum Tragen kommen.

55 Eine ebenfalls in der Literatur beschriebene Methode zur Gewinnung von Estern aus Zuckern oder Glycosiden und aromatischen Carbonsäuren sind Biotransformationen mit Pflanzenzellkulturen (M. Ushiyama, S. Kumagai und T. Furuya, *Phytochemistry* 1989, 28, 3335–3339). Jedoch werden von diesen Autoren lediglich analytische Ausbeuten beschrieben, da vermutlich durch Abbau- und Weiterreaktionen die Zuckerester schnell wieder in andere Komponenten überführt werden, so daß dieser Zugang wirtschaftlich nicht brauchbar ist.

Die am häufigsten beschriebene Methode zur Gewinnung aromatischer Ester von Zuckern beziehungsweise Glycosiden und aromatischen Carbonsäuren ist die Isolierung aus natürlich vorkommenden Quellen, insbesondere Pflanzen (P.C. Lyons, K. V. Woods und R. L. Nicholson, *Phytochemistry* 1990 29, 97–101; H. Shimomura, Y. Sashida, M. Oohara und H. Teuma, *Phytochemistry* 1988, 27, 644–646; Y. Kashiwada, G. I. Nonaka, I. Nishioka und T. Yamagashi, *Phytochemistry* 1988, 27, 1473–1477; M. Nicoletti, C. Galeffi, I. Messina, G.B. Marini-Bettolo, J.A. Garbarino und V. Gambaro, *Phytochemistry* 1988, 27, 639–641; Y. Kashiwada, G. I. Nonaka und I. Nishioka, *Chem. Pharm. Bull.* 1984, 32, 3461–3470). Niedrige Ausbeuten und der Einsatz teilweise hochgiftiger Lösungsmittel erschweren den Zugang zu den Zielverbindungen. Außerdem ist man bei diesem Vorgehen auf die Gewinnung der natürlich vorkommenden Vertreter beschränkt, strukturell auch nur gering abgewandelte Ester lassen sich so nicht erhalten.

In der Natur ist die Bildung derartiger Ester der letzte Schritt eines Biosyntheseweges, der durch verschiedene Enzyme aus der Gruppe der Acyltransferasen katalysiert wird. Diese Enzyme zeigen eine relativ hohe Flexibilität hinsichtlich der Acylgruppe, weisen aber eine sehr strenge Selektivität für das zu veresternde Alkohol-Substrat auf. Von erheblichem Nachteil ist dabei, daß sie stöchiometrische Mengen des entsprechenden Acyl-Coenzym A benötigen, was sie für die in vitro Synthese praktisch ungeeignet macht. Dennoch ist die enzymatische Kopplung aliphatischer Fettsäuren an einfache Zucker mit Hilfe derartiger Enzyme beschrieben worden. Das Problem der geringen Löslichkeit und Mischbarkeit von Zucker und Fettsäuren wurde hier durch verschiedene Methoden umgangen: i) Einsatz von polaren Lösungsmitteln wie Pyridin oder Dimethylformamid (J. Chopineau, F.D. McCafferty, M. Therisod und A.M. Klivanov, *Biotechnol. Bioeng.* 1988, 31, 208–214), ii) Einführung von Schutzgruppen wie Isopropylidenacetalen oder Phenylborsäureestern um die Löslichkeit der Zuckerkomponente in organischen Lösungsmitteln zu erhöhen (K. Adelhorst, F. Björkling, S. E. Godtfredsen und O. Kirk, *Synthesis* 1990, 112–115; C. Scheckermann, A. Schlotterbeck, M. Schmidt, M. Wray und S. Lang, *Enzyme Microb. Technol.* 1995 17, 157–162), iii) Verwendung aktivierter Acyldonoren zur Erhöhung der Reaktionsrate (M. Therisod und A. M. Klivanov, *J. Am. Chem. Soc.* 1986, 108, 5638–5640), iv) Reaktion in einem weitgehend festen System unter Zusatz geringer Mengen eines organischen Lösungsmittels (L. Cao, A. Fischer, U. T. Bornscheuer und R. D. Schmid, *Biocatal. Biotransform.* 1997, 14, 269–283).

65 Nachteile dieser Verfahren sind die Inaktivierung des Enzyms durch das Lösungsmittel, zusätzlich notwendige Syntheseschritte zur Einführung und Abspaltung von Schutzgruppen, geringe Ausbeuten und der Einsatz von Lösungsmitteln, welche die Verwendung der Reaktionsprodukte in bestimmten Anwendungsbereichen, zum Beispiel dem Pharma- oder Lebensmittelbereich, stark einschränken. Überdies ist bisher nicht vorgeschlagen worden, eine dieser enzymkatalysierten Methoden zu verwenden, um aromatische Ester von Polyolen wie Zuckern beziehungsweise Zuckerderivaten zu

synthetisieren.

Überraschenderweise wurde nun getunden, daß in einem weitgehend festen System unter Einsatz einer Hydrolase und gegebenenfalls geringer Mengen eines organischen Lösungsmittels aus Polyolen wie Zuckern beziehungsweise Zuckerderivaten und Carbonsäuren, die einen aromatischen Ring enthalten, selektiv entsprechende Ester erhalten werden können.

Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung selektiv an der primären OH-Gruppe mit Carbonsäuren, die einen aromatischen Ring enthalten, veresterten Polyolen, insbesondere Zuckern beziehungsweise Zuckerderivaten, welches dadurch gekennzeichnet ist, daß man das Polyol mit der den aromatischen Ring enthaltenden Carbonsäure gegebenenfalls in Gegenwart einer geringen Menge eines organischen Lösungsmittels, die weder das Polyol noch die Carbonsäure vollständig löst, unter Katalyse einer Hydrolase, vorzugsweise einer Lipase oder Esterase, miteinander umsetzt.

Den Polyolen im Sinne der vorliegenden Erfindung ist zu eigen, daß sie eine primäre Alkoholfunktion und daneben noch mindestens eine weitere, sekundäre oder tertiäre Alkoholfunktion aufweisen. Insbesondere handelt es sich dabei um Zucker beziehungsweise Zuckerderivate. Beispiele hierfür sind Threose, Erythrose, Arabinose, Lyxose, Ribose, Xylose, Allose, Altrose, Galactose, Glucose, Gulose, Idose, Mannose, Talose und Fructose sowie die aus diesen zusammengesetzten Di-, Oligo- und gegebenenfalls Polymere. Zu den brauchbaren Zuckerderivaten gehören beispielsweise die oxidierten Abkömmlinge der genannten Verbindungen, wie die Aldonsäuren, Ascorbinsäure und Salicin. Die natürlich vorkommenden Isomere der Zucker, in der Mehrzahl die D-Formen, sind bevorzugt. Erfindungswesentlich ist, daß diese Verbindungen neben der für die Veresterungsreaktion notwendigen primären Alkoholfunktion mit mindestens einer freien, das heißt nicht mit einer Schutzgruppe versehenen sekundären oder tertiären Alkoholfunktion eingesetzt werden.

Die Carbonsäuren, die einen aromatischen Ring enthalten, gehorchen vorzugsweise der allgemeinen Formel $AR-(CH_2)_n-COOH$, wobei AR ein gegebenenfalls alkyl- oder hydroxysubstituierter Phenyl- oder Naphthylrest und n eine Zahl von 0 bis 4 ist. Zu den bevorzugten Vertretern gehören Phenylelessigsäure, Phenylbuttersäure, Phenylvaleriansäure und meta-Hydroxyphenylelessigsäure. Sie werden in Form der freien Säure eingesetzt.

Vorzugsweise weicht das im erfindungsgemäßen Verfahren eingesetzte Molverhältnis zwischen der den aromatischen Ring enthaltenden Carbonsäure und dem Polyol nur möglichst gering von 1 ab und liegt insbesondere im Bereich von 0,8 bis 1,2, da dann die höchsten Ausbeuten an gewünschtem Produkt und die niedrigsten Mengen an Nebenprodukten auftreten.

Organisches Lösungsmittel kann völlig fehlen. In einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird es nur in solchen Mengen eingesetzt, daß bei weitem nicht der gesamte Teil der Edukte in gelöster Form vorliegt, sondern nur eine kleine gleichsam katalytische Flüssigphase entsteht, in der das Enzym die gewünschte Reaktion katalysieren kann. Als Anhaltspunkt kann dienen, daß man vorzugsweise nur etwa 0,2%, insbesondere 0,1% bis 0,5% der Menge einsetzt, die erforderlich wäre, die Edukte vollständig zu lösen. Das organische Lösungsmittel wird vorzugsweise so gewählt, das auch das entstehende Produkt darin möglichst wenig löslich ist. Zu den brauchbaren organischen Lösungsmitteln gehören zum Beispiel Dioxan, Acetonitril, Aceton, γ -Butyrolacton, Tetrahydrofuran, tert.-Butanol, tert.-Amylalkohol und 3-Methyl-3-pentanol sowie deren Gemische, wobei tert.-Butanol besonders bevorzugt ist. Dichlormethan ist weniger gut geeignet.

Zu den geeigneten Lipasen gehören beispielsweise die aus *Candida antarctica*, *Humicola lanuginosa*, *Rhizopus spec.*, *Chromobacterium viscosum*, *Aspergillus niger*, *Candida rugosa*, *Penicillium camembertii*, *Rhizomucor miehei*, *Burkholderia spec.* oder *Pseudomonas spec.* erhältlichen Enzyme. Vorzugsweise werden sie in fester Form, das heißt in bekannter Weise auf einem Trägermaterial immobilisiert, eingesetzt.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird vorzugsweise bei Temperaturen im Bereich von Raumtemperatur bis 80°C, insbesondere 60°C, durchgeführt.

In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das bei der Veresterung entstehende Wasser aus dem System entfernt, zum Beispiel mit Hilfe für diesen Zweck als geeignet bekannter Molekularsiebe, Permeationsmembranen oder durch Anlegen eines entsprechenden Unterdruckes.

Nach Beendigung der Reaktion kann das gewünschte Produkt mit Hilfe üblicher Methoden, zum Beispiel durch Extraktion mit einem geeigneten Lösungsmittel und gegebenenfalls weiterer Reinigung durch beispielsweise Chromatographie an Kieselgel, aus dem Reaktionsgemisch isoliert werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt die chemo- und regioselektive Synthese eines breiten Spektrums bisher nur schwer zugänglicher oder überhaupt noch nicht beschriebener organischer Verbindungen, welche für die Anwendung im Kosmetik-, Lebensmittel-, Pharma- und Umweltsektor von Interesse sind.

Im Hinblick auf den oben zitierten Stand der Technik, insbesondere basierend auf Erfahrungen mit chemischen Reaktionen, mußte man erwarten, daß die Herstellung aus ungeschützten Zuckern und Fettsäuren zu unspezifischen Gemischen aus mono- bzw. polyacylierten Zuckerestern führen sollte, verbunden mit den o. g. Nachteilen. Desweiteren wurden mittels der erfindungsmäßigen Umsetzung Bedingungen entwickelt, welche auch die Umsetzung empfindlicher Substrate wie Vitamin C ohne Zerstörung durch Oxidationen – ein typisches Problem bei chemischen Methoden – erlaubt.

Überdies muß betont werden, daß gemäß der erfindungsmäßigen Umsetzung unter nur geringer Variation der Bedingungen eine sehr breite Palette verschiedenster Produkte in besseren Ausbeuten und höherer Reinheit unter schonenderen Bedingungen hergestellt werden kann, als dies gemäß den aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren möglich ist.

Die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erhältlichen Produkte weisen Tensidstruktur auf, das heißt sie bestehen aus einem wasserlöslichen hydrophilen und mindestens einem gut fettlöslichen hydrophoben Molekülanteil. Das Größenverhältnis der Molekülanteile zueinander (Hydrophilic-Lipophilic-Balance oder HLB-Wert) und die darin enthaltenen funktionellen Gruppen bestimmen die Tenseideigenschaften der jeweiligen Verbindung. Die erfindungsgemäße Umsetzung erlaubt eine sehr breite Varianz in der Verknüpfung unterschiedlicher Bausteine und damit die einfache Herstellung von Verbindungen unterschiedlicher HLB-Werte. Damit können tensidische Emulgatoren sowohl für Wasser-in-Öl- als auch Öl-in-Wasser-Emulsionen – ein Spektrum, welches für die Anwendung im Kosmetik-, Pharma-, Lebensmittel-

und Umweltsektor von hohem Interesse ist – dargestellt werden.

Die Grenzflächenaktivität der nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Verbindungen ist mit derjenigen chemisch oder fermentativ produzierter aliphatischer Zuckerester mindestens vergleichbar. Deutlich hervorzuheben ist die verbesserte Wasserlöslichkeit der erfindungsgemäß erhaltenen Produkte. Sie sind für den Einsatz als Emulgatoren insbesondere für Öl-in-Wasser-Emulsionen wie auch als tensidischer Bestandteil in Wasch- oder Reinigungsmitteln geeignet. Die Beeinflussung der grenzflächenaktiven Eigenschaften ist in einfacher Weise durch den Einsatz am aromatischen Ring modifizierter Acylndonoren möglich, wie zum Beispiel ein Vergleich der Phenylacetyl-Glucose mit der Hydroxyphenylacetyl-Glucose zeigt. Überdies sind die Verbindungen gut biologisch abbaubar.

Die pharmazeutische Wirksamkeit von nach dem erfindungsgemäßen Verfahren herstellbaren Verbindungen ist vielfältig. Biotenside zeigen nachweislich antibiotische Effekte und Membranaktivität. Darüber hinaus bietet die Umsetzung weitere interessante Möglichkeiten, da sie erlaubt, Wirkstoffe einen eher hydrophoben oder mehr hydrophilen Charakter zu verleihen. So können aromatische Carbonsäuren über die Glykosylierung einer Therapie mittels Infusionen zugänglich gemacht werden. Andererseits können hydrophile Substanzen wie Vitamin C oder Arbutin beziehungsweise Salicin mit hydrophoben aromatischen Carbonsäuren verestert werden, so daß sie in Cremes gelöst oder in biologischen Membranen verankert werden können.

Aromatische Glucoseester finden sich in therapeutisch wirksamen Pflanzen wie *Prunus spec.*, *Rheum spec.* oder *Thymus spec.*, welche zur Behandlung von bakteriellen und viralen Infektionen wie Erkältungen und Kopfschmerzen aber auch Beschwerden des Herzens und des Verdauungstraktes eingesetzt werden. Sie spielen unter anderem in der traditionellen chinesischen Medizin eine große Rolle. Dies erklärt, daß die aromatischen Glucoseester von botanischen Instituten isoliert und bezüglich ihrer Wirksamkeit untersucht wurden (O.M. Abdallah, M.S. Kamel und M.H. Mohamed, *Phytochemistry* 1994, 37, 1689–1692; J. Budzianowski und L. Skrzypczak, *Phytochemistry* 1995, 38, 997–1001; M. Ushiyama, S. Kumagai und T. Furuya, *Phytochemistry* 1989, 28, 3335–3339; Y. Kashiwada, G. I. Nonaka und I. Nishioka, *Chem. Pharm. Bull.* 1984, 32, 3461–3470). Wichtige Beispiele für die therapeutische Anwendung der nach dem erfindungsgemäßen Verfahren herstellbaren Ester sind der Effekt auf den Arachidonsäurestoffwechsel in Leukocyten durch Caffeoylester (Y. Kimura, H. Okada, S. Nishibe und S. Arichi, *Plant. Med.* 1987, 53, 148–153), die Verhinderung von Metastasenbildung durch Galloylglucose (N. Ata, T. Oku, M. Hattori, H. Fujii, M. Nakajima und I. Saiki, *Oncol. Res.* 1996, 8, 503–511) sowie die Inhibierung der Herpes simplex Replikation nach Infusion von aromatischen Glucoseestern enthaltenden Infusionen des *Verbascum thapsiforme* (A. Slagowska, I. Zgorniak-Nowosielska und J. Grzybek, *Pol. J. Pharmacol. Pharm.* 1987, 39, 55–61). Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht, ausreichende Substanzmengen für pharmakologische Studien und eine breite Anwendung bereitzustellen.

Vitamin C-Ester erlauben es, das wichtige und weiterverbreitete eingesetzte Antioxidans Vitamin C in unpolare Umgebungen zu bringen. Dies ermöglicht einerseits das Lösen von Vitamin C in Cremes oder Tabletten als auch die Verankerung in biologischen Membranen, wo es vor Lipidperoxidationen zum Beispiel in Lebermikrosomen wirksam schützt. (Y. Nihro, S. Sogawa, A. Izumi, A. Sasamori, T. Sudo, T. Miki, H. Matsumoto und T. Satoh, *J. Med. Chem.* 1992, 35, 1618–1623). Die erfindungsgemäße Methode erlaubt in einfacher Weise die Bereitstellung eines wesentlich breiteren Spektrums an Vitamin C-Estern als bisher in der Literatur beschrieben.

Beispiele

Beispiel 1

Herstellung von 6-O-Phenylacetyl-β-D-glucopyranose (B1)

5 mmol D-Glucose und 5 mmol Phenyllessigsäure (wird hier definiert als 1 Gewichtsteil) in der bezogen aus das Gewicht doppelten Menge an tert.-Butanol (entsprechend folglich 2 Gewichtsteilen) wurden mit 0,5 Gewichtsteilen aktiviertem Molekularsieb 3Å versetzt, unter Rühren auf 60°C erwärmt und über die weitere Reaktionsdauer bei dieser Temperatur gehalten. 1,25 Gewichtsteile immobilisierte *Candida antartica* B Lipase (SP 435, Hersteller Novo Nordisk) wurden zugegeben. Der Reaktionsfortgang wurde dünnschichtchromatographisch verfolgt. Nach Reaktionsende wurde das Reaktionsgemisch mit Ethylacetat/Isopropanol (4 : 1) 20 Minuten bei Raumtemperatur extrahiert und zentrifugiert. Das organische Lösungsmittel des Überstandes wurde im Vakuum abgezogen und das Rohprodukt an Kieselgel (Laufmittel Ethylacetat/Methanol 10 : 1) chromatographiert. Man erhielt 397 mg des Produktes B1 als weißen Feststoff. Schmelzpunkt: 122°C. ¹H-NMR ([D₆]DMSO): δ (ppm) = 2.96 (m, 1H, H-4), 3.03 (m, 1H, nH-2), 3.34 (m, 1H, H-3), 3.57 (d, 2H, J = 2.3 Hz, H-2'), 3.70 (m, 1H, H-5), 3.94 (dd, 1H, J = 11.2 Hz, J = 6.1 Hz, H6a), 4.21 (dd, 1H, J = 10.4 Hz, J = 1.2 Hz, H-6b), 4.46 (s, 1H, OH-3 or OH-2), 4.68 (s, 1H, OH-4), 4.82 (s, 1H, H-1), 4.97 (s, 1H, OH-2 or OH-3), 6.29 (s, 1H, OH-1), 7.16–7.23 (m, 5H, ArH: H-4'-8'). ¹³C-NMR ([D₆]DMSO): δ (ppm) = 38.19 (C-2'), 62.46 (C-6), 68.15 (C-4), 68.55 (C-5), 70.19 (C-2), 70.87 (C-3), 90.34 (C-1), 124.82 (C-6'), 126.35 (C-5', C-7'), 127.39 (C-4'), 132.39 (C-3'), 169.26 (C=O).

Elementaranalyse:

berechnet:

C, 56.37; H, 6.08; O, 37.55;

gefunden:

C, 56.87; H, 6.00; O, 37.13.

Beispiel 2

Herstellung von 6-O-Phenylbutyryl-β-D-glucopyranose (B2)

Wie in Beispiel 1 beschrieben wurden D-Glucose und Phenylbuttersäure miteinander umgesetzt. Man erhielt 690 mg des Produktes B2 als weißen Feststoff. Schmelzpunkt: 93°C. ¹H-NMR ([D₆]DMSO): δ (ppm) = 1.81 (t, 2H, J = 7.5 Hz,

2H-3'), 2.29 (m, 2H, 2H-2'), 2.59 (m, 2H, 2H-4') 3.06 (m, 1H, H-4) 3.13 (m, 1H, H-2), 3.35 (m, 1H, H-3), 3.77 (m, 1H, H-5), 4.02 (dd, 1H, J = 11.6 Hz, J = 5.9 Hz, H6a), 4.126 (dd, 1H, J = 6.5 Hz, J = 2.1 Hz, H-6b), 4.51 (d, 1H, J = 6.5 Hz, OH-3 or OH-2), 4.76 (d, 1H, J = 4.6 Hz, OH-4), 4.92 (m, 1H, H-1), 5.05 (d, 1H, J = 5.6 Hz, OH-2 or OH-3), 6.35 (d, 1H, J = 4.5 Hz, OH-1), 7.15-7.28 (m, 5H, ArH: H-7'-10')- ¹³C-NMR ([D₆]DMSO): δ (ppm) = 26.32 (C-3'), 32.75 (C-2'), 34.15 (C-4'), 63.79 (C-6), 69.03 (C-4), 70.45 (C-5), 72.09 (C-2), 72.77 (C-3), 92.21 (C-1), 125.75 (C-8'), 128.23 (C-6', C-7', C-9', C-10'), 141.33 (C-5'), 172.58 (C=O). Elementaranalyse:

berechnet:

C, 58.89; H, 6.80; O, 37.32;

gefunden:

C, 58.95; H, 6.74; O, 34.31.

Beispiel 3

Herstellung von 6-O-Phenylvaleryl-β-D-glucopyranose (B3)

Wie in Beispiel 1 beschrieben wurden D-Glucose und Phenylvaleriansäure miteinander umgesetzt. Man erhielt 229 mg des Produktes B3 als weißen Feststoff. Schmelzpunkt: 119°C. ¹H-NMR ([D₆]DMSO): δ (ppm) = 1.55 (m, 4H, 2H-3', 2H-4'), 2.31 (t, 2H, J = 4.7 Hz, 2H-2'), 2.57 (m, 2H, 2H-5'), 3.03 (m, 1H, H-4), 3.13 (m, 1H, H-2), 3.41 (1H, dd, J = 9.0 Hz, J = 4.8 Hz, H-3), 3.77 (m, 1H, H-5), 3.99 (dd, 1H, J = 11.6 Hz, J = 6.1 Hz, H6a), 4.16 (dd, 1H, J = 11.4 Hz, J = 1.7 Hz, H-6b), 4.39 (d, 1H, J = 6.7 Hz, OH-3 or OH-2), 4.75 (d, 1H, J = 4.8 Hz, OH-4), 4.89 (m, 1H, H-1), 5.05 (d, 1H, J = 5.6 Hz, OH-2 or OH-3), 6.36 (d, 1H, J = 4.5 Hz, OH-1), 7.13-7.30 (m, 5H, ArH: H-7'-11')- ¹³C-NMR ([D₆]DMSO): δ (ppm) = 23.99, 30.18 (C-3', C-4'), 33.17 (C-2'), 34.67 (C-5'), 63.78 (C-6), 69.02 (C-4), 70.44 (C-5), 72.08 (C-2), 72.76 (C-3), 92.19 (C-1), 125.56 (C-9'), 128.15 (C-7', C-8', C-10', C-11'), 141.84 (C-6'), 172.76 (C=O). Elementaranalyse:

berechnet:

C, 59.99; H, 7.11; O, 32.904;

gefunden:

C, 60.24; H, 7.13; O, 32.63.

Beispiel 4

Herstellung von 6-O-m-Hydroxyphenylacetyl-β-D-glucopyranose (B4)

Wie in Beispiel 1 beschrieben wurden D-Glucose und meta-Hydroxyphenylessigsäure miteinander umgesetzt. Man erhielt 229 mg des Produktes B4 als leicht gelben Feststoff. Schmelzpunkt: 153°C. ¹H-NMR ([D₆]DMSO): δ (ppm) = 3.05 (m, 1H, H-4), 3.13 (m, 1H, H-2), 3.42 (m, 1H, H-3), 3.57 (m, 2H, H-2'), 3.79 (m, 1H, H-5), 4.15 (dd, 1H, J = 6.3 Hz, H6a), 4.29 (dd, 1H, J = 11.5 Hz, J = 1.6 Hz, H-6b), 4.55 (d, 1H, J = 6.7 Hz, OH-3 or OH-2), 4.77 (d, 1H, J = 4.5 Hz, OH-4), 4.91 (m, 1H, H-1), 5.07 (d, 1H, J = 5.7 Hz, OH-2 or OH-3), 6.38 (d, 1H, J = 4.6 Hz, OH-1), 6.63-7.12 (m, 4H, ArH: H-4', 6', 7', 8'), 9.37 (s, 1H, OH-5')- ¹³C-NMR ([D₆]DMSO): δ (ppm) = 40.45 (C-2'), 64.42 (C-6), 69.42 (C-6), 69.11 (C-4), 70.10 (C-5), 72.09 (C-2), 72.79 (C-3), 74.61 (C-1), 171.14 (C=O). Elementaranalyse:

berechnet:

C, 53.50; H, 5.77; O, 40.73;

gefunden:

C, 53.54; H, 5.68; O, 40.78.

Beispiel 5

Herstellung von 6-O-Phenylbutyryl-salicin (B5)

Wie in Beispiel 1 beschrieben wurden Salicin (2-Hydroxymethylphenyl-β-D-glucopyranosid) und Phenylbuttersäure miteinander umgesetzt. Man erhielt 390 mg des Produktes B5 als leicht gelbes Öl. ¹³C-NMR ([D₆]DMSO): δ (ppm) = 28.6 (C-3), 34.9 (C-2), 36.7 (C-4), 6.6 (C-7), 65.2 (C-6'), 72.2 (C-4'), 76.1 (C-5'), 75.6 (C-2'), 78.4 (C-3'), 103.7 (C-1'), 117.6 (C-6), 124.5 (C-4), 127.6 (C-8), 130.0 (C-3, C-5), 130.5 (C-6, C-7, C-9, C-10), 132.8 (C-2), 143.4 (C-5), 157.5 (C-1), 175.2 (C=O). Elementaranalyse:

berechnet:

C, 63.9; H, 6.5; O, 29.6;

gefunden:

C 63.9; H, 6.8; O, 29.3

Beispiel 6:

Herstellung von 6-O-Phenylbutyryl-L-ascorbinsäure (B6)

Wie in Beispiel 1 beschrieben wurden L-Ascorbinsäure und Phenylbuttersäure miteinander umgesetzt. Man erhielt B6. ¹³C-NMR ([D₆]DMSO): δ (ppm) = 28.3 (C-3), 34.7 (C-2), 36.6 (C-4), 66.5 (C-6'), 68.7 (C-5'), 77.9 (C-4'), 120.5 (C-2), 127.6 (C-8), 130.1 (C-6, C-7, C-9, C-10), 141.33 (C-5), 155.2 (C-3'), 173.9 (C-1'), 175.5 (C=O).

Beispiel 7

Die Wasserlöslichkeit, der HLB-Wert (berechnet gemäß $HLB = 20 \cdot \text{Molmasse des hydrophilen Molekülteils} / \text{Molmasse des hydrophoben Molekülteils}$), die minimale Oberflächenaktivität SFT_{min} bei 25°C und die kritische Micellbildungskonzentration CMC erfindungsgemäß hergestellter Substanzen und zum Vergleich zweier analog hergestellter Alkylcarbonsäureester (V1 und V2) wurden bestimmt und sind in der nachfolgenden Tabelle angegeben:

Substanz	Löslichkeit [g/l]	HLB-Wert	SFT _{min} [mN/m]	CMC [mM]
6- <i>O</i> -Phenylacetyl-β-D-glucopyranosid (B1)	>100	13,8	45	95
6- <i>O</i> -Phenylbutyryl-β-D-glucopyranosid (B2)	70	12,7	40	25
6- <i>O</i> -Phenylvaleryl-β-D-glucopyranosid (B3)	25	12,2	38	15
6- <i>O-m</i> -Hydroxyphenylacetyl-β-D-glucopyranosid (B4)	>100	13,2	35	2 – 25
6- <i>O</i> -Octanoyl-β-D-glucopyranosid (V1)	25	13,5	32	18
6- <i>O</i> -Decanoyl-β-D-glucopyranosid (V2)	3	12,3	43	0,5

Patentansprüche

- Verfahren zur Herstellung selektiv an der primären OH-Gruppe mit Carbonsäuren, die einen aromatischen Ring enthalten, veresterten Polyolen, **dadurch gekennzeichnet**, daß man das Polyol mit der den aromatischen Ring enthaltenden Carbonsäure gegebenenfalls in Gegenwart einer geringen Menge eines organischen Lösungsmittels, die weder das Polyol noch die Carbonsäure vollständig löst, unter Katalyse einer Hydrolase, insbesondere einer Lipase oder Esterase, miteinander umsetzt.
- Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Hydrolase aus den aus *Candida antarctica*, *Humicola lanuginosa*, *Rhizopus spec.*, *Chromobacterium viscosum*, *Aspergillus niger*, *Candida rugosa*, *Penicillium camembertii*, *Rhizomucor miehei*, *Burkholderia spec.* oder *Pseudomonas spec.* erhältlichen Enzymen ausgewählt wird.
- Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Hydrolase in fester Form, insbesondere auf einem Trägermaterial immobilisiert, eingesetzt wird.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Polyol ein Zucker beziehungsweise Zuckerderivat ist.
- Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Zucker aus Threose, Erythrose, Arabinose, Lyxose, Ribose, Xylose, Allose, Altrose, Galactose, Glucose, Gulose, Idose, Mannose, Talose und Fructose sowie den aus diesen zusammengesetzten Di-, Oligo- und gegebenenfalls Polymeren ausgewählt wird.
- Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Zuckerderivat aus den Aldonsäuren, Ascorbinsäure und Salicin ausgewählt wird.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Carbonsäuren, die einen aromatischen Ring enthalten, der allgemeinen Formel $AR-(CH_2)_n COOH$ gehorchen, wobei AR ein gegebenenfalls alkyl- oder hydroxysubstituierter Phenyl- oder Naphthylrest und n eine Zahl von 0 bis 4 ist.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Carbonsäure Phenylelessigsäure, Phenylbuttersäure, Phenylvaleriansäure oder meta-Hydroxyphenylelessigsäure ist.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Molverhältnis zwischen der den aromatischen Ring enthaltenden Carbonsäure und dem Polyol nur möglichst gering von 1 abweicht und insbesondere im Bereich von 0,8 bis 1,2 liegt.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß man 0,1% bis 0,5% der Menge an organischem Lösungsmittel einsetzt, die erforderlich wäre, die Edukte vollständig zu lösen.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß man das organische Lösungsmittel aus Dioxan, Acetonitril, Aceton, γ-Butyrolacton, Tetrahydrofuran, tert.-Butanol, tert.-Amylalkohol und 3-Methyl-3-pentanol sowie deren Gemischen auswählt.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß man es bei Temperaturen im Bereich von Raumtemperatur bis 80°C, insbesondere 60°C, durchführt.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß man das bei der Veresterung entstehende Wasser, insbesondere mit Hilfe für diesen Zweck als geeignet bekannter Molekularsiebe, Permeationsmembranen oder durch Anlegen eines entsprechenden Unterdruckes, aus dem System entfernt.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -